Aulas 14 e 15

Introdução

Geradores são dispositivos de circuitos utilizados na conversão de energia não elétrica (química, mecânica...) em energia elétrica.

Um gerador elétrico possui dois terminais chamados de polos: um polo negativo, correspondendo ao terminal de potencial elétrico menor, e um polo positivo, correspondendo ao terminal de potencial elétrico maior.

Considerando o sentido convencional da corrente elétrica (movimento das cargas positivas), o fornecimento de energia (química, mecânica) provocará o movimento das cargas do polo negativo para o polo positivo, elevando, assim, a energia potencial elétrica das cargas.

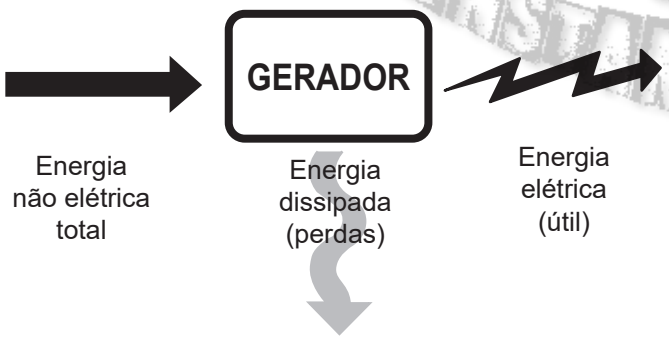
Trabalharemos principalmente com os geradores químico, as baterias, e de corrente contínua.

Equação do gerador

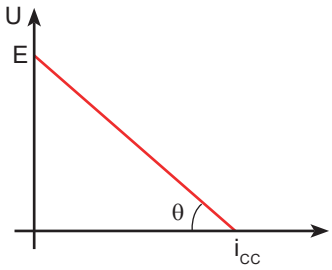
Quando ligamos uma bateria em um circuito, podemos analisar três termos de DDP: a DDP total, que representa a capacidade máxima do gerador, caso não exista nenhuma dissipação energética, que também é conhecida como força eletromotriz (ϵ), a DDP dissipada na própria estrutura do gerador, quando esse está em funcionamento e a DDP útil que é o que irá "sair do gerador" . Assim, pensando na conservação de energia, escrevemos:

$$U_{útil} = U_{total} - U_{dissipada}$$
$$U = \epsilon - ri$$

A equação acima é conhecida como equação do gerador.



Graficamente pode ser representada como uma função do primeiro grau:



i , onde: $\boxed{tg\ \theta = r}$

Dizemos que um gerador está em curto-circuito quando seus terminais estão interligados por um fio de resistência desprezível. Nesse caso, a ddp entre os terminais do gerador é nula (U = 0). Fazendo U = 0 na equação do gerador, temos:

$$0 = \epsilon - ri_{cc}$$
$$i_{cc} = \frac{\epsilon}{r}$$

Onde i_{cc} é conhecida como corrente de curto-circuito

Lei de Pouillet

Para um circuito simples podemos deduzir uma expressão para a corrente total circulante. Veja:

UAB = $\varepsilon - r \cdot i$ é a mesma do resistor UAB = $R \cdot i$, comparamos as duas expressões e obtemos:

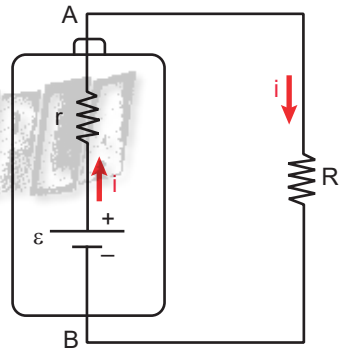
$$\varepsilon - r \cdot i = R \cdot i$$
$$\varepsilon - R \cdot i + r \cdot i$$
$$\varepsilon = (R + r) \cdot i$$
$$\boxed{i = \frac{\varepsilon}{R + r}}$$

ε = f.e.m. do gerador (V)

R = resistência total do circuito externo (Ω)

r = resistência interna do gerador

i = corrente (A)

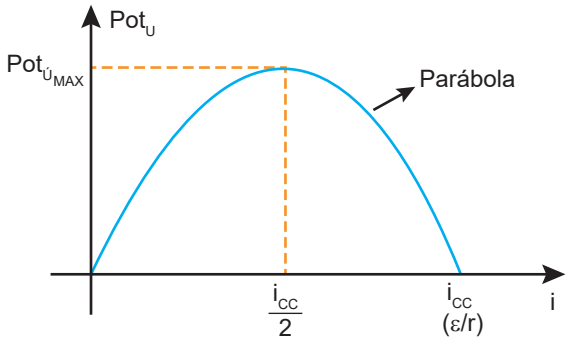


Análise Energética

Vamos calcular a potência liberada por um gerador em um circuito. Sabemos que tal potência pode ser calculada como:

$$P_{útil} = U_{útil}\, i$$
$$P = (\varepsilon - ri)i$$
$$P = \varepsilon i - ri^2$$

Ou seja a potência útil que denominamos simplesmente de P é uma função do 2° grau em **i** cujo gráfico é apresentado abaixo:



Observe também que podemos chegar na mesma expressão, pensando em conservação de energia, isto é:

$$P_{útil} = P_{total} - P_{dissipada}$$

Uma vez que $P_{total} = \varepsilon i$ e $P_{dissipada} = ri^2$

Adicionalmente podemos expressar o rendimento, o aproveitamento energético da seguinte maneira:

$$r = \frac{P_{útil}}{P_{total}} \rightarrow r = \frac{Ui}{\varepsilon i} \rightarrow r = \frac{U}{\varepsilon}$$

Teorema da potência máxima do gerador

Uma situação muito comum em situações problemas é a seguinte: Qual o valor da resistência que, ao conectarmos em um gerador, iremos obter a máxima potência? E que potência é essa?

Bom, de acordo com o gráfico parabólico, vimos que tal situação ocorre quando $i = \frac{i_{CC}}{2}$, isto é, a corrente circulante deve ser metade da corrente de curto circuito, lembrando que $i_{CC} = \frac{\varepsilon}{r}$, então a corrente circulante será $i = \frac{\varepsilon}{2r}$. Substituindo esse resultando na Lei de Pouillet, temos:

$$\frac{\varepsilon}{2r} = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

Daí R = r.

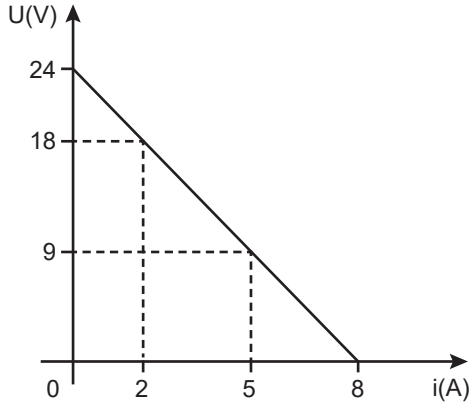
Ou seja, a maior potência possível será extraída quando a resistência externa for igual a interna. Para descobrir o valor da potência, basta substituir na função do 2 grau o valor do $i = \frac{\varepsilon}{2r}$:

$$P = \varepsilon i - ri^2$$

Obtendo: $P_{máx} = \varepsilon^2/4r$

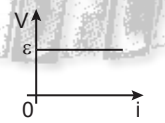
Exercícios

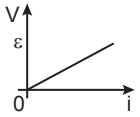
1. Observe o gráfico, que representa a curva característica de operação de um gerador:

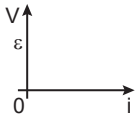


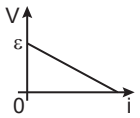
Com base nos dados, a resistência interna do gerador, em ohm, é igual a:
A) 1,0
B) 3,0
C) 4,0
D) 6,0

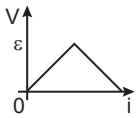
2. (EsPCEx) A pilha de uma lanterna possui uma força eletromotriz de 1,5 V e resistência interna de 0,05 Ω. O valor da tensão elétrica nos olos dessa pilha quando ela fornece uma corrente elétrica de 1,0 A a um resistor ôhmico é de
A) 1,45 V
B) 1,30 V
C) 1,25 V
D) 1,15 V
E) 1,00 V

3. Considere uma bateria de força eletromotriz ε e resistência interna desprezível. Qual dos gráficos a seguir melhor representa a bateria?
A)


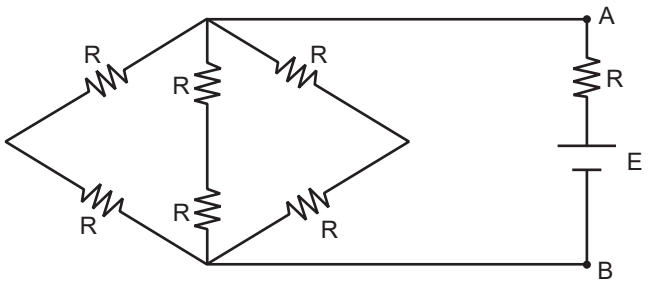
B)


C)


D)


E)


4. (EsPCEx) No circuito elétrico desenhado abaixo, todos os resistores ôhmicos são iguais e têm resistência R = 1,0 Ω. Ele é alimentado por uma fonte ideal de tensão contínua de E = 5,0 V. A diferença de potencial entre os pontos A e B é de:



A) 1,0 V
B) 2,0 V
C) 2,5 V
D) 3,0 V
E) 3,3 V

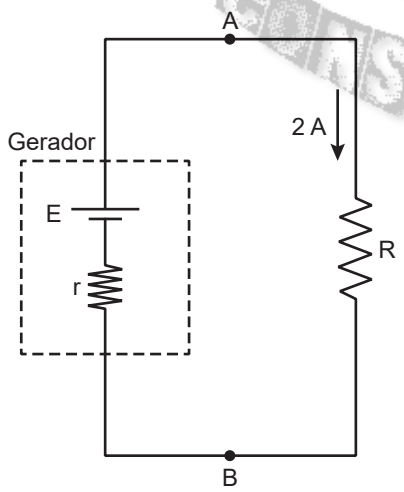
5. Uma bateria de força eletromotriz ε e resistência interna **r** é ligada a um resistor ôhmico de resistência R, que, nessa situação, é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade I. Se essa bateria for associada em paralelo com outra bateria idêntica e o conjunto, assim formado, for ligado ao mesmo resistor R, a intensidade da corrente elétrica I' que o percorrerá será tal que

A) $I' = \frac{1}{2}I$

B) $\frac{1}{2}I < I' < I$

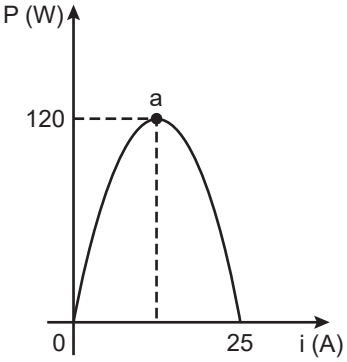
C) I' = I
D) I < I' < 2I
E) I' = 2I

6. Um circuito elétrico é constituído por um gerador de força eletromotriz E e resistência interna r = 2 Ω e por um resistor ôhmico de resistência R. Se por esse circuito circular uma corrente elétrica de intensidade i = 2A, a diferença de potencial entre os pontos A e B será 16 V.



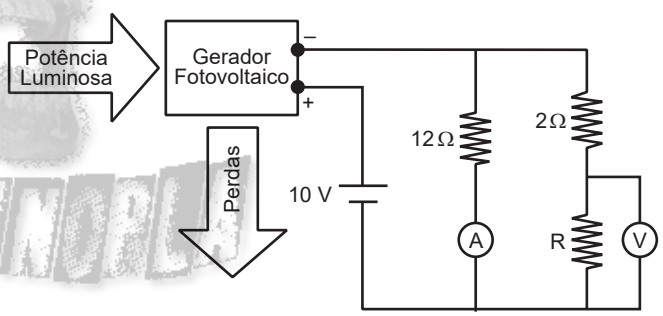
Considerando desprezíveis as resistências dos fios e das conexões utilizados na montagem desse circuito, os valores de E e de R são
A) 20 V e 8 Ω
B) 10 V e 8 Ω
C) 32 V e 8 Ω
D) 32 V e 10 Ω
E) 20 V e 10 Ω

7. (EFOMM) Beto, um advogado interessado em eletricidade, num sábado ensolarado, resolveu montar um circuito elétrico para sua guitarra. Ele associou um gerador de FEM ε e resistência interna **r** em série com um resistor R variável. A potência dissipada no resistor R, em função da corrente **i**, é dada pelo gráfico mostrado na figura abaixo, onde o ponto **a** é o vértice da parábola.



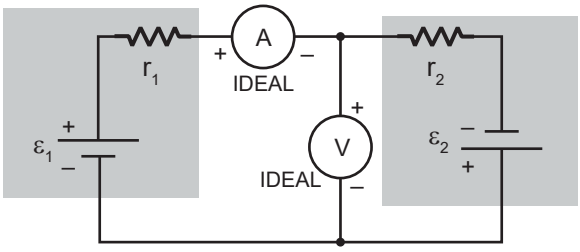
Os valores da resistência interna **r** e da força eletromotriz (FEM) do gerador são, respectivamente
A) $4{,}40 \cdot 10^{-1}\ \Omega$, $0{,}85 \cdot 10^{-1}$ V
B) $7{,}68 \cdot 10^{-1}\ \Omega$, $1{,}92 \cdot 10^{1}$ V
C) $3{,}98 \cdot 10^{-1}\ \Omega$, $2{,}46 \cdot 10^{1}$ V
D) $8{,}80 \cdot 10^{-2}\ \Omega$, $2{,}20 \cdot 10^{0}$ V
E) $4{,}84 \cdot 10^{-2}\ \Omega$, $3{,}42 \cdot 10^{2}$ V

8. (EFOMM) O sistema abaixo se constitui em um gerador fotovoltaico alimentando um circuito elétrico com 18 V. Determine o rendimento do gerador na situação emq ue a razão dos valores numéricos da tensão e da corrente medidos, respectivamente, pelo voltímetro V (em volts) e pelo amperímetro A (em ampères) seja igual a 2. Sabe-se que a potência luminosa solicitada na entrada do gerador é de 80 W.



A) 60%
B) 70%
C) 80%
D) 90%
E) 100%

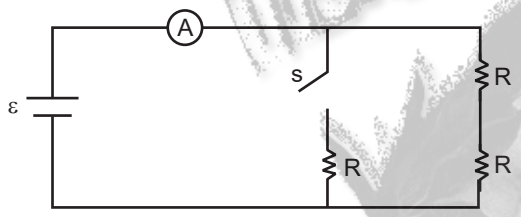
9. (Escola Naval) Analise a figura abaixo.



A figura anterior mostra um circuito contendo dois geradores idênticos, sendo que cada um deles possui força eletromotriz de 10 V e resistência interna de 2,0 Ω. A corrente I, em amperes, medida pelo amperímetro ideal e a ddp, em volts, medida pelo voltímetro ideal, valem, respecictivamente:
A) zero e 2,5
B) zero e 5,0
C) 2,5 e zero
D) 5,0 e zero
E) zero e zero

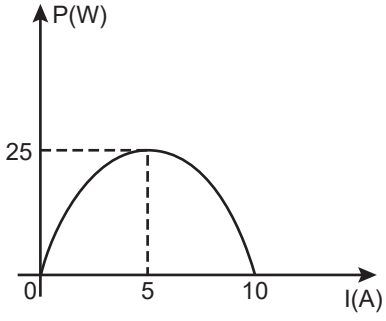
10. (Escola Naval) Um gerador de corrente direta tem uma força eletromotriz de E volts e uma resistência interna de **r** ohms. E e **r** são constantes. Se R ohms é a resistência externa, a resistência total é (r + R) ohms e, se P é a potência, então $P = \frac{E^2R}{(r+R)^2}$. Sendo assim, qual é a resistência externa que consumirá o máximo de potência?
A) 2r
B) r + 1
C) $\frac{r}{2}$
D) r
E) r(r + 3)

11. Observe este circuito, constituído de três resistores de mesma resistência R; um amperímetro A; uma bateria ε; e um interruptor S:

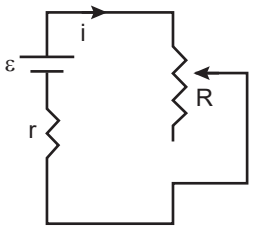


Considere que a resistência interna da bateria e a do amperímetro são desprezíveis e que os resistores são ôhmicos. Com o interruptor S inicialmente desligado, observa-se que o amperímetro indica uma corrente elétrica I.
Com base nessas informações, é correto afirmar que, quando o interruptor S é ligado, o amperímetro passa a indicar uma corrente elétrica:
A) $\frac{2I}{3}$
B) $\frac{I}{2}$
C) 2I
D) 3I

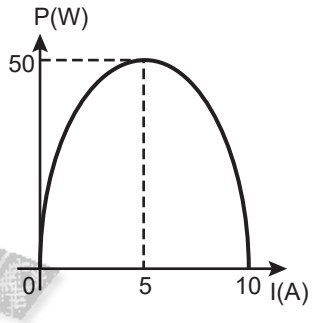
12. O diagrama representa a curva de potência útil de um gerador cuja força eletromotriz vale ε, e a resistência elétrica vale **r**. Os valores de ε e **r** são, respectivamente:
A) 1,0 V e 10 Ω
B) 5,0 V e 1,0 Ω
C) 10 V e 1,0 Ω
D) 25 V e 5,0 Ω
E) 25 V e 10 Ω



13. Um circuito elétrico é constituído de um gerador de força eletromotriz ε e resistência interna **r**, e de um resistor de resistência R variável.

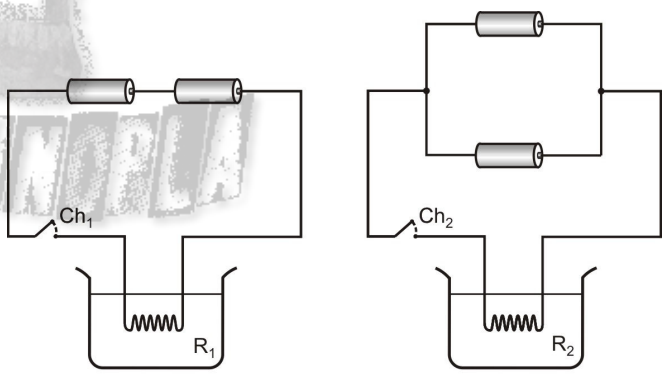


A potência dissipada no resistor em função da corrente **i** dada pelo gráfico a seguir.



Os valores da força eletromotriz ε e da resistência interna **r** do gerador são, respectivamente:
A) 50 V e 4 Ω
B) 20 V e 2 Ω
C) 20 V e 1 Ω
D) 25 V e 0,5 Ω
E) 15 V e 0,5 Ω

14. (AFA) A figura abaixo ilustra dois resistores de imersão dentro de recipientes termicamente isolados e com capacidades térmicas desprezíveis, contendo as mesmas quantidades de água. Os resistores R_1 e R_2 estão ligados, respectivamente, a uma associação de geradores em série e em paralelo.

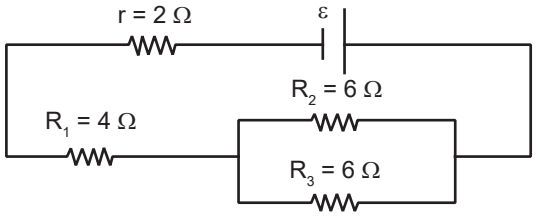


Recipiente 1 Recipiente 2

Os valores das resistências elétricas de R_1 e R_2 foram ajustados adequadamente de tal forma que cada associação de geradores transfere a máxima potência a cada um dos resistores.
Despreza a infuência da temperatura na resistência elétrica e no calor específico da água e considere que todos os geradores apresentem a mesma fem e a mesma resistência interna.
Fecha-se simultaneamente as chaves Ch_1 e Ch_2 e, após 5 min, verifica-se que a variação de temperatura da água no recipiente 1 foi de 20 ºC. Nesse mesmo intervalo, a água no recipiente 2 apresenta uma variação de temperatura, em ºC, igual a
A) 5
B) 10
C) 15
D) 20

15. No circuito da figura, a corrente no resistor R_2 é de 2 A. O valor da força eletromotriz da fonte (ε) é, em V,

A) 6
B) 12
C) 24
D) 36
E) 48



Gabarito

1	2	3	4	5
B	A	A	B	D
6	**7**	**8**	**9**	**10**
A	B	D	D	D
11	**12**	**13**	**14**	**15**
D	C	B	D	D

Resoluções

01. $\varepsilon = 24\ V$

$i_{cc} = \frac{\varepsilon}{r} \therefore 8 = \frac{24}{r} \therefore \boxed{r = 3r}$

Resposta: B

02. $U = \varepsilon - r \cdot I$
$U = 1{,}5 - 0{,}05 \cdot 1$
$\boxed{U = 1{,}45\ V}$

Resposta: A

03. A curva característica da bateria é uma função decrescente de 1º grau.

Resposta: D

04. $E = R_{eq} \cdot I \therefore E = \left(\frac{2R}{3} + R\right) I$

$5 = \frac{5}{3} \cdot I \therefore I = 3\ A$
$U_{AB} = E - R \cdot I \therefore U_{AB} = 5 - 1 \cdot 3$
$U_{AB} = 3\ V$

Resposta: D

05. $I = \frac{\varepsilon}{R + r} (I)$

$I' = \frac{\varepsilon}{R + \frac{r}{2}} \therefore I' = \frac{2\varepsilon}{2R + r} (II)$

Dividindo (II) por (I):
Logo: $I < I' < 2I$

Resposta: D

06. $U_{AB} = R \cdot I \therefore 16 = R \cdot 2$
$\boxed{R = 8\ r}$
$U_{AB} = \varepsilon - r \cdot I \therefore 16 = \varepsilon - 2 \cdot 2$
$\boxed{\varepsilon = 20\ V}$

Resposta: A

07. $i_{CC} = \frac{\varepsilon}{r} \therefore 25 = \frac{\varepsilon}{r}$

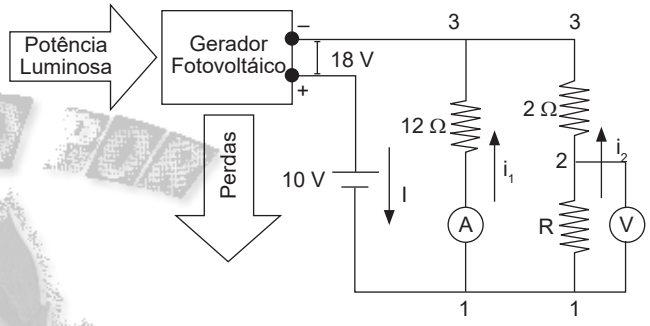
$P_{máx} = \frac{\varepsilon^2}{4r} \therefore P = \frac{\varepsilon}{4} 25$

$120 = \frac{25\varepsilon}{4} \therefore \boxed{\varepsilon = 19{,}2\ V}$

$25 = \frac{19{,}2}{r} \therefore \boxed{r = 0{,}768\ r}$

Resposta: B

08.



$U_{13} = R_i i_1 \therefore 8 = 12 i_1 \therefore i_1 = \frac{2}{3} A$

$U_{13} = U_{12} + U_{23} \therefore 8 = 2 \cdot \frac{2}{3} + 2 i_2$

$4 = \frac{2}{3} + i_2 \therefore 4 - \frac{2}{3} = i_2 \therefore \boxed{i_2 = \frac{10}{3} A}$

$I = i_1 + i_2 \therefore I = \frac{2}{3} + \frac{10}{3} \therefore \boxed{I = 4A}$

$n = \frac{P_U}{P_T} \therefore n = \frac{4 \cdot 18}{80} \therefore \boxed{n = 0{,}9}$

Resposta: D

09. $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = (r_1 + r_2) \cdot I$
$10 + 10 = (2 + 2) \cdot I \therefore \boxed{I = 5\ A}$
$U = r_2 \cdot I - \varepsilon_2$
$\boxed{U = 2 \cdot 5 - 10 \therefore U = 0\ V}$

Resposta: D

10. De acordo com o Teorema da potência máxima R = r

Resposta: D

11.

1º caso: $\varepsilon = 2RI$

2º caso: $\varepsilon = \frac{2\ R^2}{3\ R} \cdot I'$

Igualando: $\frac{2R^2}{3R} I' = 2RI \therefore \boxed{I' = 3I}$

Resposta: D

12.

$$i_{cc} = \frac{\varepsilon}{r} \therefore 10 = \frac{\varepsilon}{r} \therefore \underline{\varepsilon = 10\ r}$$

Logo, podemos buscar a alternativa em que a força eletromotriz é dez vezes maior que a resistência interna.

Resposta: C

13.

$$i_{cc} = \frac{\varepsilon}{r} \therefore 10 = \frac{\varepsilon}{r} \therefore \underline{\varepsilon = 10\ r} \quad \text{I}$$

$$P_{máx} = \frac{\varepsilon^2}{4\ r} \therefore 50 = \frac{\varepsilon^2}{4\ r} \therefore \underline{200\ r = \varepsilon^2} \quad \text{II}$$

De II em I, temos:

$200\ r = 100\ r^2 \therefore 0 = r^2 - 2\ r$

$0 = r(r-2) \therefore r_1 = 0\ r$

$\underline{r_2 = 2\ r}$

Substituindo em I, temos: $\underline{\varepsilon = 20\ V}$

Portanto, temos o item B como correto.

Resposta: B

14.

1º Processo: $R_1 = 2\ r \quad U_1 = 2\varepsilon$

2º Processo: $R_2 = r \quad U_2 = \varepsilon$

$Q_1 = mc1\theta_1 \therefore P_1 \cdot \Delta t = mc\,\Delta\theta_1 \,(I)$

$Q_2 = mc1\theta_2 \therefore P_2 \cdot \Delta t = mc\,\Delta\theta_2 \,(II)$

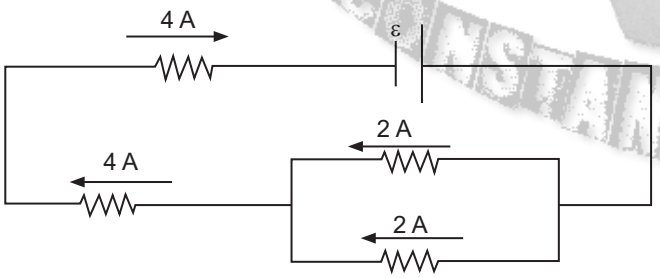
Dividindo (II) com (I):

$$\frac{P_2\ \cancel{\Delta t}}{P_1\ \cancel{\Delta t}} = \frac{\cancel{mc}\,\Delta\theta_2}{\cancel{mc}\,\Delta\theta_1} \therefore \frac{U_2^2 / R_2}{U_1^2 / R_1} = \frac{\Delta\theta_2}{\Delta\theta_1}$$

$$\frac{\varepsilon^2 / r}{4\varepsilon / 2r} = \frac{\Delta\theta_2}{20} \therefore \underline{\Delta\theta_2 = 10\ °C}$$

Resposta: B

15.



$\varepsilon = R_{eq} \cdot I \therefore \varepsilon = 9 \cdot 4$

$\underline{\varepsilon = 36\ V}$

Resposta: D

DISTRIBUÍDO POR CONSTANTINOPLA

DIGITADOR(A): Estefania – **REVISOR(A):** Pedro Cruz